

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-326855

(43)Date of publication of application : 26.11.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/125

(21)Application number : 10-136352

(71)Applicant : NEC CORP

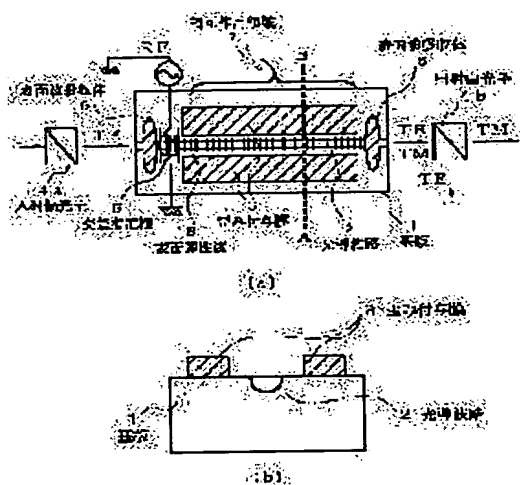
(22)Date of filing : 19.05.1998

(72)Inventor : MIZUTA SATOSHI

**(54) OPTICAL VARIABLE WAVELENGTH FILTER, ITS PRODUCTION, AND METHOD FOR ADJUSTING ITS WAVELENGTH CHARACTERISTIC****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain wavelength characteristics which are less asymmetrical with respect to the center wavelength without requiring voltage application from the outside or the like by providing a means, which gives a distortion to an optical waveguide to correct a local difference in complex index of refraction of the optical waveguide, in the vicinity of the optical waveguide formed on a substrate.

**SOLUTION:** The TE mode is excited in an optical waveguide 2 through an incidence polarizer 4a, and light is converted to a TM wave by a surface acoustic wave 8 excited through an interdigital electrode 5 in accordance with propagation in the waveguide 2, and it is emitted from the optical waveguide 2. If the difference in complex index of refraction in the optical waveguide 2 is not fixed but has a distribution in the light going direction in this process, wavelength characteristics of a filter are asymmetrical. The optical wavelength variable filter is provided with a distortion giving film 3, which gives an elastic distortion to the optical waveguide 2, as a correction means in addition to the interdigital electrode 5 which excites the surface acoustic wave 8 in the optical waveguide 2. Because of this distortion giving film 3, filter wavelength characteristics having a high lateral symmetry with respect to the center wavelength are obtained.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 19.05.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 14.12.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3165106

[Date of registration] 02.03.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 11-20831

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 27.12.1999

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 3 2 6 8 5 5

(43) 公開日 平成 11 年 (1999) 11 月 26 日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

G 0 2 F 1/125

識別記号

F I

G 0 2 F 1/125

審査請求 有 請求項の数 1 1 O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平 10-136352

(22) 出願日 平成 10 年 (1998) 5 月 19 日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

(72) 発明者 水田 聡

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式  
会社内

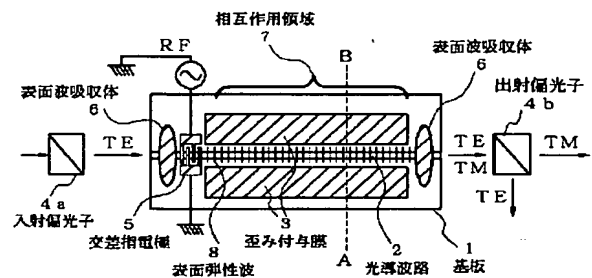
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 光可変波長フィルタとその製造方法、並びにその波長特性の調整方法

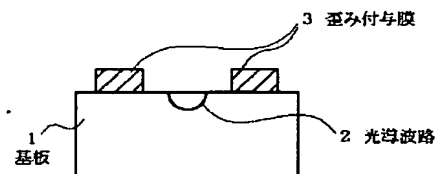
(57) 【要約】

【課題】 中心波長に対する非対称性の少ないフィルタ特性を有する光可変波長フィルタを提供することにある。

【解決手段】 光導波路 2 の局所複屈折率差補正用の歪み付与部 3 を設けて素子の作製後に、前記歪み付与部の形状 3 及び配置を変更することでフィルタ波長特性の調整を行う。



(a)



(b)

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 導波光のモード変換の波長依存性を利用する光可変波長フィルタであり、基板上に形成された光導波路の近傍に光導波路への歪み付与手段を備えたことを特徴とする光可変波長フィルタ。

【請求項 2】 交差指状電極によって表面弾性波を励振し、音響光学効果により前記導波光のモード変換を行うことを特徴とする請求項 1 記載の光可変波長フィルタ。

【請求項 3】 前記音響光学効果による導波光のモード変換を行う手段が前記導波路の光透過方向に複数段縦属して形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の光可変波長フィルタ。

【請求項 4】 前記表面弾性波がその伝搬方向に沿って強度分布を持たせたことを特徴とする請求項 2 記載の光可変波長フィルタ。

【請求項 5】 電気光学効果により前記導波光のモード変換を行うことを特徴とする請求項 1 記載の光可変波長フィルタ。

【請求項 6】 前記電気光学効果による導波光のモード変換を行う手段が前記導波路の光透過方向に複数段縦属して形成されていることを特徴とする請求項 5 記載の光可変波長フィルタ。

【請求項 7】 前記基板がニオブ酸リチウムまたは tantalum酸リチウムであることを特徴とする請求項 1 記載の光可変波長フィルタ。

【請求項 8】 前記歪み付与手段が前記基板と該基板表面に設けた膜との熱膨張の差を利用したことを特徴とする請求項 1 記載の光可変波長フィルタ。

【請求項 9】 前記歪み付与手段が酸化シリコン膜であることを特徴とする請求項 1 記載の光可変波長フィルタ。

【請求項 10】 前記歪み付与手段の形成時の温度が、該歪み付与手段を形成した光可変波長フィルタの動作時の温度と異なることを特徴とする光可変波長フィルタの製造方法。

【請求項 11】 フィルタ素子作製後に前記歪み付与手段の形状及び配置を変更し、光導波路中に形成される歪み量の調整を行うことを特徴とする光可変波長フィルタの波長特性調整方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光波長多重伝送や光周波数多重伝送のシステムにおいて、波長（周波数）信号の合波器や分波器などに用いられる光可変波長フィルタとその製造方法並びにフィルタの波長透過特性の調整方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光信号を波長に応じて任意に選択分離することのできる光可変波長フィルタは波長多重通信システムを構成する上に極めて有用な光部品の一つであり、

これを実現する各種のデバイス方式の中でも、特性や大きさの観点から、とりわけ誘電体基板の音響光学効果や電気光学効果による光導波モード変換を利用した光導波路型光可変波長フィルタ（それぞれ、AOTF、EOTFと略記する）の開発が進められている。

【0003】AOTFは、圧電性を有する誘電体結晶基板表面に光導波路を形成し、この光導波路の前後に、入射する光の偏光を整える入射偏光子と、出射する光の偏光を選択する出射偏光子と、光導波路に光透過方向に沿って表面弾性波を励振する表面弾性波トランスデューサから成る基本構造を有する。またEOTFでは、電気光学効果を有する結晶基板上に、光導波路と、この光導波路上に形成され、この導波路に沿って周期構造を成すモード変換用電極、及び選択波長の同調のために用いる温度調節用素子によって構成される。

【0004】AOTF並びにEOTFの動作原理はともに、予め偏光分離した光信号をTE/TMモード変換器に通し、再び偏光分離素子に通すことによって特定波長の光が取り出され、帯域フィルタ動作するものである。

【0005】上記のモード変換器は、AOTFでは表面弾性波の励振、EOTFでは周期的電界の印加によって、それぞれ音響光学効果、電気光学効果を介して、導波路に沿った周期的な屈折率変化を発生させる。この屈折率変化では屈折率楕円体の主軸方向が変わるため、導波光のTE/TMモード間の変換が局所的に発生する。この時、光波長 $\lambda$ 、屈折率変化の周期 $\Lambda$ 、偏光モード間の複屈折率差 $\Delta n$ に対して、 $\lambda/\Delta n = \Lambda$ となる場合に位相整合条件が満たされ、この波長近傍の光が結果として選択的にモード変換を受ける。

【0006】フィルタ波長の選択（同調）は、AOTFでは印加RF周波数の変化による表面弾性波の波長変化、EOTFでは温度調節用素子への通電による光導波路の複屈折率差の温度変化によって行う。

【0007】一般の帯域通過型のろ波器がそうであるように、AOTF、EOTFの波長特性も、一般に選択（中心）波長を透過させる主透過領域（メインローブ）の両側に副透過領域（サイドローブ）を有する形となる。サイドローブレベルが高いと異なる光波長信号チャンネル間のクロストークの原因となるため、この抑圧がこの種のフィルタにおける解決すべき技術的な課題の一つとなっている。

【0008】このサイドローブレベルを抑圧する方法にはいくつかの方法が提案されている。そのうちの一つは、TE、TM両偏光間の結合係数の大きさを光導波路方向に沿って空間的に重み付けをするという手法が採られている。例えばAOTFでは、この重み付けを行う手段として、導波光と表面弾性波の相互作用の強度を導波路の光透過方向に中央部で大きく、両端部で小さくするように、例えば円弧状の表面弾性波励振電極を用いて導波路中央に集束する進行波音場を形成して、サイ

ドロブを抑圧することが試みられている。

【0009】しかしながら、実際に作製される素子の波長透過波長特性は、多くの場合、中心波長に対して非対称な形状になり、片側のサイドロープレベルの上昇により、隣接チャンネルとのクロストーク特性が悪くなることが起こる。この非対称な透過波長特性が現れる原因としては、光導波路の作製ばらつきや、フィルタ動作時の温度分布によって、光導波路のTEおよびTMモード間の複屈折率差の大きさが光伝搬方向に一定でなく、分布を生じてくることが原因の一つとして説明されている。

【0010】この中心波長に対して非対称な波長透過特性が生ずる問題を解決する方法の1つとして、導波路の光導波方向に沿った複数の電極対を導波路を挟んで配列し、それぞれの電極対間に掛ける直流電圧の大きさを調整して、導波路中に生じている複屈折率差の光透過方向への揺らぎの分布を、電気光学効果を介して相殺して一様に近づける方法が考えられている。

【0011】また、光導波路のTEおよびTMモード間の複屈折率差に分布を付けることによって生ずる、波長透過特性の非対称化を積極的に利用したサイドローブ抑圧の方法も示されている。この例では、モード変換部が2段縦属に接続された構成になっており、前段および後段それぞれのモード変換部において、光導波路幅を光伝搬方向に沿って変化させ、前段モード変換部と後段モード変換部とで、光導波路幅の増減の仕方を互いに反転させている。それぞれの段における波長特性（モード変換の波長依存性）の中心波長に対する非対称性が互いに左右反転するため、これら前段および後段を縦属して透過させて形成されるフィルタの波長特性は、相互の非対称特性が掛け合わさって、大小のサイドローブ同士が打ち消し合うことにより、結果として中心波長の両側のサイドロープレベルが抑圧されることになるというものである。

【0012】しかしながら、以上に述べた従来例におけるフィルタ波長特性の非対称性を除去する方法には、各々、以下に述べるような問題点がある。

【0013】すなわち、直流電圧を常に結晶に印加して、屈折率差分布を相殺する方法では、フィルタ基板として多く使用される強誘電体結晶材料にしばしば観測される直流電界ドリフト現象が誘発される。このため、これを回避するための印加電圧の制御が新たに必要であるなど、制御が複雑化する。

【0014】また、伝搬方向に沿って光導波路幅を変化させて複屈折率差の分布を精密に設定しておく方法では、素子の動作時の発熱や導波路形成時のプロセスの揺らぎなどによって生ずる複屈折率差の分布を、導波路を設計する前に予め計算や測定などによって見込んでおく必要がある。何故なら、素子を作製した後では光導波路幅の調整は不可能であるためである。しかしながら、実際の素子においてこの複屈折率差の分布を設計時点で正

確に見積もることは非常に困難である。

【0015】以上の観点から、素子を作製した後から必要に応じて波長フィルタ特性の調整ができることが望まれる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、以上のような事情を鑑み、素子を一旦作製した後でもフィルタの波長特性の調整を行うことで、外部からの電圧印加などを必要とせずに、中心波長に対して非対称性の少ない波長特性を有する光可変波長フィルタならびにその製造方法を提供し、また、高い歩留まりおよび収率を実現する波長特性の調整方法を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記課題の解決のために、本発明による光可変波長フィルタは、基板上に形成された光導波路の近傍に、光導波路の局所的な複屈折率差補正のための光導波路への歪み付与手段を設けたことを特徴としている。

【0018】また、本発明の光可変波長フィルタの製造方法は、前記の光導波路の局所複屈折率差補正用の歪み付与部の形成時の温度が、素子の使用温度と異なる温度であり、該歪み付与部の形成の後にその温度を素子の使用温度に戻すことを特徴としている。

【0019】また、本発明の光可変波長フィルタのフィルタ波長特性の調整方法は、素子形成後に前記歪み付与部の形状及び配置を変更することを特徴としている。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

【0021】図1に基づいて本発明の光波長可変フィルタの構成について説明する。

【0022】図1(a)は、本発明の一実施例としての音響光学型の光波長可変フィルタ(AOTF)の平面図、図1(b)は図1(a)のA-B線に沿った断面図である。1は誘電体結晶基板、2は基板表面に形成された光導波路、3はこの導波路に弾性的な歪みを与える歪み付与膜、4aは導波路3に入射する光の偏光を整える入射偏光子、4bは出射偏光子で、これら偏光子4aと4bの配置は、帯域透過フィルタとして用いる場合にはそれらの透過偏光面が互いに直交するように、帯域抑止フィルタとして用いる場合には透過偏光面が互いに平行となるように設定する。5は光導波路2に表面弾性波8を励起するための交差指状電極、6は表面弾性波吸収体である。

【0023】入射偏光子4aを通じてTEモードが導波路2に励起される。TEモードは導波路2を伝搬するにつれ、交差指状電極5を介して励振される表面弾性波8によってTM波にモード変換され、導波路2を出射する。出射側に設けられた偏光子4bは透過偏光面がTM即ち入射の偏光子と透過偏光面が直交するように設定してお

くと、表面弾性波8の波数を $K$ とし、TEモードの波数を $k_{TE}$ 、TMモードの波数を $k_{TM}$ とした時、 $|k_{TE} - k_{TM}| = K$ を満たす近傍の波長の光波が選択的にモード変換を受け出射偏光子を透過し、それ以外の波長の光波はモード変換を受けず、出射偏光子で遮断されて、帯域透過フィルタ特性が形成される。表面弾性波の周波数を変えることによって、モード変換を起こす光波の波長がえられ、波長可変フィルタ動作が実現する。しかしながら、従来の技術の項で述べたような理由により、しばしば光導波路中の複屈折率差が光進行方向に沿って一定ではなく分布を生ずると、フィルタの波長特性は非対称になり片側のサイドロープレベルが上昇し、隣接チャンネルへのクロストークを増大させる。

【0024】これを補正する手段として、本発明の光波長可変フィルタは、誘電体結晶等の基板1上に形成された光導波路2と、この光導波路に表面弾性波を励振する交差指状電極5に加えて、光導波路に弾性的な歪みを与える歪み付与膜3を有することを特徴とする。この歪み付与膜3を有すること、或いは歪み付与膜3の形状等を変化させることによって、中心波長に対して左右の対称度の高いフィルタ波長特性が得られる。この構成を用いた本発明のフィルタの波長特性の調整方法及びその原理について、図1(a)、図2(a)、(b)、(c)に基づいて説明する。

【0025】図2(a)は光導波路に沿った複屈折率差の分布の例を示す図であり、図2(b)は図2(a)に対応した透過光の波長特性を示す図である。また、図2(c)は本発明によるフィルタ波長特性調整後に得られる光波長フィルタの透過波長特性を示す図である。

【0026】図1(a)の表面弾性波が導波光に作用を及ぼす相互作用領域7において、素子形成後の光導波路の光伝搬方向に沿った複屈折率差が、従来の技術の項で述べたように、例えば相互作用領域の中央部の複屈折率差が周辺部よりも大きくなるような分布を生じた場合

(図2(a))、得られるフィルタ波形は図2(b)のように短波長側のサイドロープレベルが上昇した形状になる。

【0027】本発明のフィルタ波形の調整方法の第一の実施形態は、予め装荷してある歪み付与用薄膜3の形状や分布をトリミングして変えることによって、光導波路の領域における歪みの分布を変える方法である。このトリミングをすることで、局所的なTEおよびTMモードそれぞれの屈折率 $n_{TE}$ 、 $n_{TM}$ も歪み変化に応じて光弾性効果を介して変化する。この場合、一般に歪み変化による直交する2つの偏光方向の屈折率変化量は等しくないため、結果として歪み付与膜の形状または装荷の有無が変化した箇所近傍の光導波路の複屈折率が変化する。図2

(b)のような短波長側のサイドロープレベルが高いフィルタ波形の場合には、相互作用領域中央部における複屈折率差を小さくするように歪み付与膜3の形状や分布

を調整する。

【0028】具体的には、Xカットニオブ酸リチウム結晶基板上に伝搬方向がY方向であるような光導波路を形成し、温度低下時に発生する残留熱歪みの分布を、基板並びに熱膨張係数が基板材料よりも小さい歪み付与膜材料との間の熱膨張係数の差によって調整する場合には、導波路の中央部付近の歪み付与膜を部分的に除去すればこの効果が得られる。

【0029】その理由は、高温で歪み付与膜を形成した後で温度を常温に戻すことによって、光導波路近傍の基板に圧縮歪みが発生し、この歪みが光弾性効果を介して導波路や周辺部に屈折率の変化を生じさせるが、このXカットY伝搬の方位の結晶基板を用いる場合、屈折率の変化は、Z方向偏光の方がX方向偏光よりも大きく増加するからである。

【0030】なお、上記の説明はYカットニオブ酸リチウム結晶基板上に伝搬方向がX方向であるような光導波路が形成されている場合にも当てはまる。

【0031】図3(a)、(b)は、本方法に従ったフィルタ波形調整の際の、それぞれ、歪み付与膜の除去前及び除去後の形態の例を示す平面図である。図の(a)から(b)へと、相互作用領域の中央部の歪み付与膜3を部分的に除去することで、相互作用領域における複屈折率差の分布が均一に近づき、前述の図2(c)に示したような中心波長に対して左右の対称度の高いフィルタ特性が得られる。

【0032】歪み付与膜の歪み調整の前の形状や調整後の形状は、各種の形を取ることが出来る。図3(c)、(d)、(e)は、本発明のフィルタ波形の調整の後または前における歪み付与膜の配置及び形状を示す平面図である。

【0033】図2(b)に示したように短波長側のサイドロープレベルが上昇した形状のフィルタ特性の場合、波長特性の対称度を改善するためには、歪み付与膜の除去後の形状(2次元分布)は、例えば図3の(c)や(d)に示すように相互作用領域の中央部の除去箇所数や面積が周辺部よりも多い形状や、図3(e)に示すように中央部における除去後の歪み付与膜の残存部と光導波路との距離が周辺部のそれよりも長い形状のように形成すればよい。

【0034】また、光導波路幅の幅や深さの分布など、素子作製のばらつきなどにより発現する複屈折率差の分布の傾向が、図2(a)に示すように、相互作用領域の中央部が周辺部よりも屈折率差の値が大きいような分布になっていることが予め分かっている場合には、最初から歪み付与膜の形状を例えば図3(c)、(d)、(e)のようなものにして設置しておけば、後からトリミングを行うことなく複屈折率差の分布を補正することもできる。

【0035】上記の歪みの調整方法、とりわけ歪み付与

膜の除去の箇所等は、光導波路の光伝搬方向に沿って離散的な島状に行うよりも、なるべく調整の空間的分解能を高めて、調整に伴う歪み変化量が徐々に変化するように、光導波路に沿って連続的に行う方が、より一層高い効果が期待できる。なぜなら、光導波路の作製ばらつきや素子動作時の発熱による温度分布のばらつきによる複屈折率差は、光導波路に沿って連続的に変化していることが通常であり、この場合の複屈折率差の調整量も光導波路に沿って緩やかに変化させることが適当だからである。

【0036】また、歪み分布調整の方法に関して、基板上に装荷した薄膜の部分的除去を利用することによって限定されるわけではない。薄膜の装荷の代わりに、基板に溝や坑等の凹凸を発生させるような加工を以て光導波路を含んだ領域における歪み分布の調整をする方法を取ること、及び本方法を前記歪み付与膜の装荷や除去による複屈折率差調整方法と組み合わせることも、本発明フィルタ波形の調整方法の実施形態の変形に含むことができる。

【0037】本発明の光フィルタは、例えば図4(a)～(g)の工程図に示す以下の方法によって製造される。基板1上に例えばTiやNi、Zn、Cu等の導波路コア部を形成するためのドーパント物質のストライプ11をフォトリソグラフィ法などによって所望の光導波路パタンの形状に形成(図4(a))し、これを900～1100℃程度の温度における数時間程度の熱処理にて基板中に拡散することによって基板1上に光導波路2を形成する(同図(b))。次に前記基板に高温中で酸化シリコン等の材料からなる歪み付与用膜3を厚さ数百nm～数十μm程度成膜した後で室温に戻す(同図(c))。フォトレジスト或いはCr、Ti、Au、多結晶シリコン等の材料からなる所望のマスクパターン12を歪み付与用膜3の上に形成し(同図(d))、これをマスク材に用いて歪み付与用膜3のリアクティブ・イオン・エッチング法等のドライエッチングまたはウェットエッチングを行うことで歪み付与用膜3が所望の形状にパターン化される(同図(e))。前記マスク材除去の後で、基板上の所望の位置に表面弾性波励振用の交差指状電極5を形成(同図(f))し、最後に表面弾性波吸収体6を形成する(同図(g))。交差指電極材料には例えばAlやCuなどを、表面弾性波吸収体の材料には例えばゴムや接着剤等の樹脂類を用いればよい。なお、本発明の目的とする効果を得る上では、必ずしも前記マスク材を取り除く必要はない。

【0038】上記の本発明の光波長フィルタの製造方法において、前記歪み付与膜3を高温中で成膜した後で常温に戻すという工程が含まれているのは、発生する歪みをより大きくして複屈折率差の値の変化量を大きくするためである。その理由は、高温から常温に戻す際に、基板と膜との間の熱膨張係数の相違に起因した大きな歪み

が誘起されるからである。更に、成膜温度と使用温度(常温)との差を変えることで歪み付与膜の除去による複屈折率差変化の幅を調整出来るという利点も得られる。

【0039】この成膜温度は基板材料の相転移が起こらない温度であればよく、基板材料が例えばニオブ酸リチウムである場合には約1200℃まで適用可能である。ただし、成膜温度を極端に高温にしすぎると基板に誘起される歪みが限界を超えて基板が破損する点、及び光導波路形成の際に拡散したチタン等の原子が更に拡散する(再拡散)ことを考慮する必要がある。従って前記のニオブ酸リチウムを基板に、歪み付与膜の材料を酸化シリコンにした場合には、基板が破損せず、且つ再拡散の影響の比較的小さい温度である100～300℃程度での成膜が好ましい。

【0040】図1の本発明の第一の実施の形態では、ほぼ波面が平面の表面弾性波を導波光に作用させるように、交差指状電極5は直線状の電極で構成する場合を述べたが、例えば湾曲した交差指状電極から発生される収束または発散するような波面の表面弾性波を導波光に作用させる等の従来技術の項で述べたような表面弾性波に強度分布を持たせてTE、TM両モード間の結合強度に空間的重み付けを加える構成に対しても本発明は有効である。

【0041】また、モード変換部を複数段接続してサイドローブ抑圧するAOTFに対しても、本発明を適用することは有効である。

【0042】ここまで述べた発明の実施の形態では、音響光学効果によるモード変換を利用した光波長可変フィルタ(AOTF)の場合について述べたが、電気光学効果によるモード変換を利用した光波長可変フィルタ(EOTF)の場合についても同様に適用することができる。

【0043】図5はその電気光学効果による光波長可変フィルタの構成を表す平面図であり、1は電気光学効果を有する結晶基板、2は光導波路、3は歪み付与膜、20は光導波路2の上に形成され、この導波路に沿って周期構造を成すモード変換用電極、21は選択波長の同調のために用いる温度調節用素子、4a、4bはそれぞれ入射偏光子、出射偏光子である。

【0044】モード変換用電極20に印加した電界V1が、導波路中光透過方向に周期的に屈折率楕円体の主軸の傾きの周期を作り、この周期によって導波光にモード変換が起こり、AOTFにおける表面弾性波が果したと同様に、帯域フィルタ特性を実現する。そして、温度調節用素子21への通電V2による基板結晶の複屈折の温度変化を利用することによって、モード変換を起こす光波の中心波長が可変同調される。

【0045】この電気光学効果を用いた実施の形態におけるフィルタ波長特性の調整方法は、前述の音響光学効

果を用いた実施形態におけるものと同様、導波路中に生じている複屈折率差の光透過方向への揺らぎを、歪み付与膜 3 を加工して光弾性効果を介して相殺し、一様化にすることによって実現される。

【0046】また、同じく従来の AOTF について述べたように、モード変換部を複数段接続してサイドローブ抑圧する型の音響光学フィルタと同様、電気光学効果を利用した可変波長フィルタ (EOTF) においても、同じように構成することが出来、これに対しても、本発明を適用することは有効である。

【0047】また、モード変換用電極の電極指を間引いたりすることで TE、TM 両偏光間の結合強度に空間的重み付けを加える構成の EOTF に対しても本発明の適用は可能である。

【0048】本発明のフィルタ特性の調整方法における、前記装荷した歪み付与膜の形状や分布のトリミング、並びに基板に溝や坑等の凹凸を形成するような加工は、具体的には、例えば物理的エッチングや化学的エッチング、さらには、レーザー照射による蒸発などの加工方法によって行うことができる。

【0049】レーザー照射による加工をする場合、素子のフィルタ特性を実時間でモニタしながら、例えば ArF、KrF ガス等のエキシマレーザー光や、炭酸ガスレーザー光等の照射を用いることによる、歪み付与膜の部分的除去並びに基板への溝、坑等の形成を行うことが可能である。このような方法を採用することで、フィルタ波長特性調整の際のフィルタ波形測定のための治具等の設定や歪み付与膜除去等の工程の繰り返し回数を少なくすることができ、素子形成後からフィルタ特性の調整が終了するまでに要する時間を短縮することが出来る。

【0050】また、光導波路を形成する基板は二オプ酸リチウムに限定される訳でない。即ち、有効な圧電定数や電気光学定数を有し、歪み付与膜の装荷による歪みによって誘起される屈折率変化の TE および TM のモード間による差 (光導波路伝搬方向に垂直かつ互いに直交する方向のバルク屈折率変化の差) が存在するものであれば構わなく、例えばタンタル酸リチウム等を用いても構わない。

【0051】また、基板上に装荷される歪み付与膜の材料は酸化シリコンに限定されるわけでない。より好ましくは、熱膨張係数が基板のそれと大きく異なる材料であればよく、光導波路を形成する基板が例えば二オプ酸リチウムである場合には、歪み付与膜の材料は窒化シリコンさらには金属やポリマーなども可能である。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光導波路を含む領域での局所的な弾性歪みの調整によって複屈折率差分布を調整するという基本構成に基づき、

フィルタ特性の波長非対称性の低減した光可変波長フィルタが提供される。

【0053】従って、歩留まり・収率の高い光波長フィルタの生産が容易に実現でき、これによって本光波長フィルタ用いた多様な波長多重光通信ネットワークシステムを構築することが可能となる。

【0054】なお、本発明は上記各実施例に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施例は適宜変更され得ることは明らかである。

#### 10 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の光可変波長フィルタの構成の一実施形態を示す図であり、(a) はその平面図、(b) は図 1 (a) の A-B に沿って切断した断面図である。

【図 2】複屈折率差分布の例を示す図とフィルタ波長特性を示す図であって、(a) は複屈折率差分布の例を示し、(b) は図 2 (a) の複屈折率差分布におけるフィルタ透過光の波長特性を示す図であり、(c) は本発明のフィルタ特性調整後の透過光の波長特性を示す図である。

20 【図 3】本発明の光可変波長フィルタの波長特性調整方法の実施の形態を示す図のフィルタ特性調整前及び後の歪み付与膜の配置及び形状を示す平面図であって、

(a) はフィルタ特性調整前の歪み付与膜の配置及び形状を示す平面図であり、(b) はフィルタ特性調整後の歪み付与膜の配置及び形状を示す平面図であり、(c) はフィルタ特性調整後の歪み付与膜の別なる配置及び形状を示す平面図であり、(d) はフィルタ特性調整後の歪み付与膜のさらに別なる配置及び形状を示す平面図であり、(e) はフィルタ特性調整後の歪み付与膜のさらに別なる配置及び形状を示す平面図である。

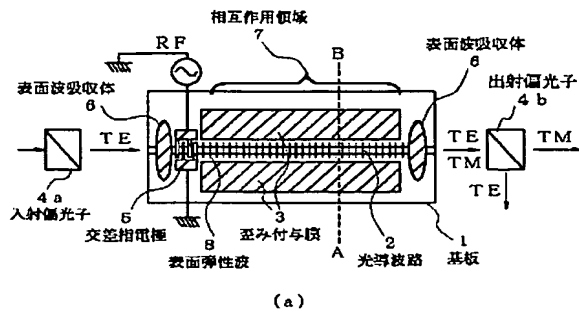
30 【図 4】本発明の光可変波長フィルタの製造方法の一実施形態を示す工程図である。

【図 5】本発明の光可変波長フィルタの構成の別の実施形態の平面図である。

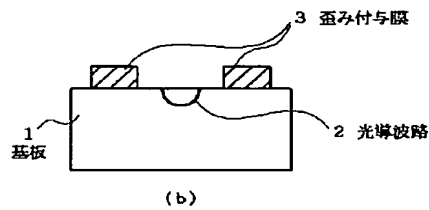
#### 【符号の説明】

- 1 基板
- 2 光導波路
- 3 歪み付与膜
- 4 a 入射偏光子
- 4 b 出射偏光子
- 5 交差指状電極
- 6 表面弾性波吸収体
- 7 相互作用領域
- 8 表面弾性波
- 1 1 ストライプ
- 1 2 所望のマスクパターン
- 2 0 モード変換用電極
- 2 1 温度調節用素子

【図 1】

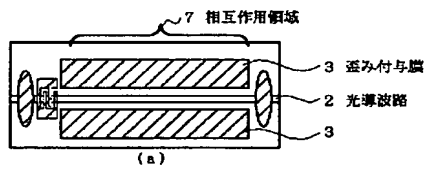


(a)

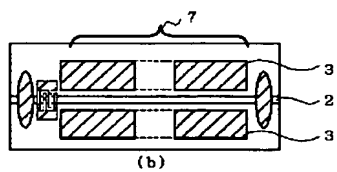


(b)

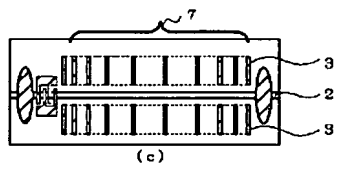
【図 3】



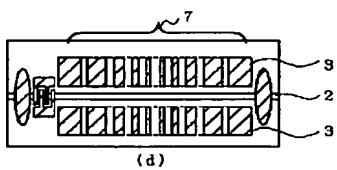
(a)



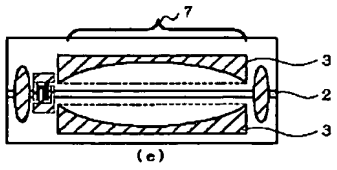
(b)



(c)

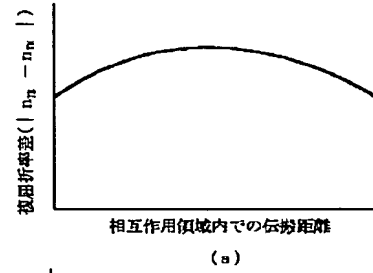


(d)

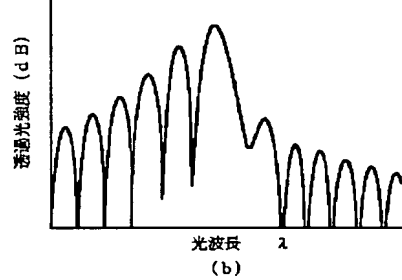


(e)

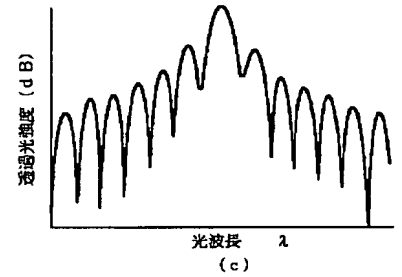
【図 2】



(a)

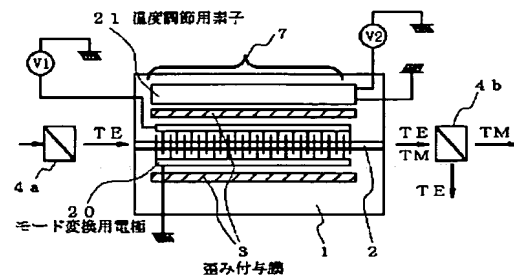


(b)



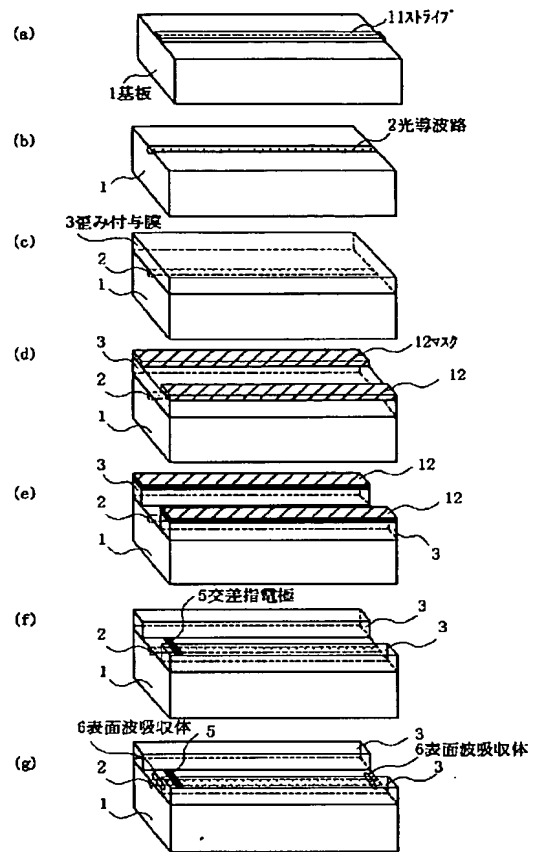
(c)

【図 5】





【図 4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**